

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-074848

(43)Date of publication of application : 14.03.2000

(51)Int.Cl.

G01N 21/88

(21)Application number : 10-242046

(71)Applicant : HOYA CORP

(22)Date of filing : 27.08.1998

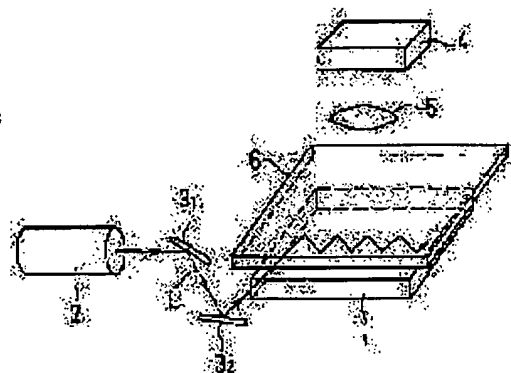
(72)Inventor : TANABE MASARU

## (54) METHOD AND DEVICE FOR INSPECTING UNUNIFORMITY OF LIGHT TRANSMITTIVE MATERIAL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To surely and quickly detect optical ununiformity of a light transmissive material with high sensitivity even when an inexpensive imaging optical system having a low number of apertures.

SOLUTION: A laser beam L from a laser 2 is introduced into a transparent substrate 1 from an introducing face using mirrors 31, 32. The beam L introduced into the substrate 1 repeats total reflection on a surface of the substrate 1 (a main surface and an end face) to be brought substantially into a confined condition within the substrate 1. When ununiform part such as a flaw exists in the surface of the substrate 1, a total reflection condition is not satisfied, and the beam is leaked from the ununiform part. All the leaked beams are scattered by ground glass 6, and the scattered beam from the ground glass 6 is image-formed on a CCD 4 via an imaging lens 5 to be detected.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

30.01.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-74848  
(P2000-74848A)

(43) 公開日 平成12年3月14日 (2000.3.14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 1 N 21/88

識別記号

F I  
G 0 1 N 21/88

サーチコード (参考)  
D 2 G 0 5 1

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-242048

(22) 出願日 平成10年8月27日 (1998.8.27)

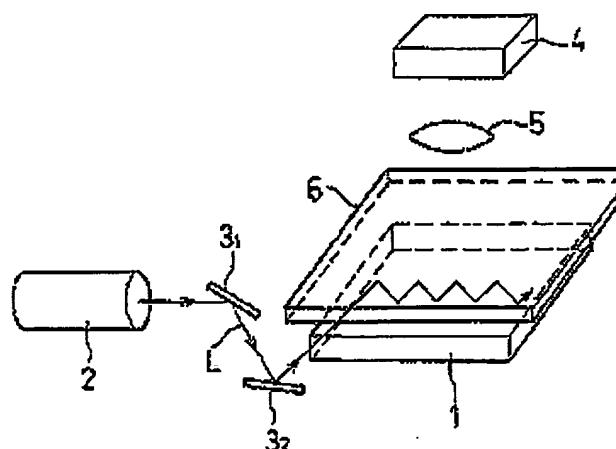
(71) 出願人 000113263  
ホーヤ株式会社  
東京都新宿区中落合2丁目7番5号  
(72) 発明者 田辺 勝  
東京都新宿区中落合2丁目7番5号 ホーヤ株式会社内  
(74) 代理人 100091362  
弁理士 阿仁屋 節雄 (外2名)  
Fターム (参考) 2G051 AA56 AA71 AA90 AB07 BA10  
BB01 BB11 CA03 CB05 CC17  
CC20

(54) 【発明の名称】 透光性物質の不均一性検査方法及びその検査装置

(57) 【要約】

【課題】 安価な低開口数の結像光学系を使用しても透光性物質の光学的な不均一性を高感度・高速度で確実に検出できる。

【解決手段】 レーザー2からのレーザー光Lをミラー3<sub>1</sub>、3<sub>2</sub>を用いて透明基板1内にその導入面から導入する。透明基板1内に導入されたレーザー光Lは、透明基板1の表面 (主表面及び端面) で全反射を繰り返し、基板1内にはば閉じ込められた状態となる。しかし、透明基板1表面に傷等の不均一部分があると、全反射条件が満足されずに、その不均一部分から光が漏れ出る。この漏れ出た全ての光を、すりガラス6で散乱し、すりガラス6からの散乱光を低開口数の結像レンズ5を介してC



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 鏡面仕上げされた表面を有する透光性物質の不均一性を検査する方法において、

前記透光性物質の光路が光学的に均一の場合には、前記表面で全反射を繰り返して透光性物質内に閉じ込められるようにレーザー光を導入し、前記表面から全反射することなく漏出した光を散乱させた後、低開口数の結像光学系を介して前記散乱光を検出することで、透光性物質の不均一性を検査するようにしたことを特徴とする透光性物質の不均一性検査方法。

【請求項2】 前記透光性物質の表面が互いに平行な平面を有し、前記導入したレーザー光がこれら平面で全反射を繰り返して透光性物質内に閉じ込められることを特徴とする請求項1に記載の透光性物質の不均一性検査方法。

【請求項3】 前記透光性物質の少なくとも被検査領域の前記表面から漏出した光を全て散乱できるように、前記表面の外側に散乱体が存在することを特徴とする請求項1又は2に記載の透光性物質の不均一性検査方法。

【請求項4】 前記散乱体は、拡散板、回折格子、蛍光板または浮遊する微粒子であることを特徴とする請求項3に記載の透光性物質の不均一性検査方法。

【請求項5】 前記散乱光を検出した後に、前記散乱光を解析することで前記透光性物質の不均一性に関するデータを収集することを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の透光性物質の不均一性検査方法。

【請求項6】 鏡面仕上げされた表面を有する透光性物質の不均一性の検査を行う検査装置において、前記透光性物質の光路が光学的に均一の場合には前記表面で全反射を繰り返して透光性物質内に閉じ込められるように透光性物質内にレーザー光を導入する照射手段と、前記透光性物質の表面から全反射することなく漏出した光を散乱させる漏出光散乱手段と、低開口数の結像光学系を介して前記散乱光を検出する検出手段と、を有することを特徴とする透光性物質の不均一性検査装置。

【請求項7】 前記漏出光散乱手段は、前記透光性物質の表面と前記結像光学系との間に配置され、前記透光性物質の少なくとも被検査領域の前記表面からの漏出光が全て漏出光散乱手段に入射されるように設けられていることを特徴とする請求項6に記載の透光性物質の不均一性検査装置。

【請求項8】 前記漏出光散乱手段として、前記漏出光を散乱する拡散板が設けられていることを特徴とする請

検査装置。

【請求項11】 前記漏出光散乱手段として、蛍光板設けられていることを特徴とする請求項6又は7に記載の透光性物質の不均一性検査装置。

【請求項12】 前記照射手段には、前記蛍光板の空物質を励起可能な光を発生するレーザーが用いられることを特徴とする請求項11に記載の不均一性検査装置。

【請求項13】 前記漏出光散乱手段は、前記透光性物質の表面と前記結像光学系との間に分散させた状態で存在する微粒子であることを特徴とする請求項6又は7に記載の透光性物質の不均一性検査装置。

【請求項14】 前記微粒子の粒径は、ほぼ均一であることを特徴とする請求項13に記載の透光性物質の不均一性検査装置。

【請求項15】 前記微粒子の粒径は、 $0.03 \sim 10 \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項13又は14に記載の透光性物質の不均一性検査装置。

【請求項16】 前記検出手段は、画像処理装置と接されているものであって、前記画像処理装置は入力されたデータに基づいて不均一性の解析を行う解析部を有することを特徴とする請求項6乃至15のいずれかに記載の透光性物質の不均一性検査装置。

【請求項17】 鏡面仕上げされた表面を有する透光性物質の不均一性の検査を行う検査装置において、前記透光性物質の光路が光学的に均一の場合には前記表面で全反射を繰り返して透光性物質内に閉じ込められるように透光性物質内にレーザー光を導入する照射手段と、前記透光性物質の表面から全反射することなく漏した光を撮像手段に導くイメージガイドとを有し、このイメージガイドは、その入射端面側から出射端面側にかけて漸次縮径された光ファイバーが束ねられたものであって、入射端面側が前記透光性物質の表面に近接し設けられ、出射端面側が前記撮像手段に直接的に接続されていることを特徴とする透光性物質の不均一性検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、フォトマスク用基盤や情報記録媒体用透明基板であるガラスサブストレートなどの透光性物質の光学的な不均一性（欠陥）検査する方法及びその検査装置に係り、特に、鏡面仕上げされた透光性物質表面での全反射の性質を利用することによって、透光性物質の不均一性を高感度、高速度

た透明基板上に透光性膜（例えばクロム膜）によりパターンが形成されたフォトマスクを用いてパターンを転写している。このパターンの原盤とも言えるフォトマスクについての検査方法は、特開昭58-162038号公報に記載の面状態検査装置にみられるように、パターン面の微小な領域に光を集め、パターン面からの反射出力、透過出力を比較する方法が知られている。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、近年においてはパターンの高密度化に伴い、上記方法のようにパターン面の検査のみならず、高精度に研磨されて鏡面仕上げされた透明基板そのものの微細な欠陥も欠陥検出の対象となっている。また、上述した方法では、パターン面の微小な領域に光を集めることから、検査領域が広い範囲にわたっている場合には何らかの手段を用いて光を走査する必要があり、検査領域の面積に比例して検査時間がかかることと、欠陥の有無によってパターン自体及び透明基板に対する反射光・透過光の光量の変化があまり大きくなく、透明基板の微細な欠陥検出への適用は困難であった。

【0004】そこで、本発明者は、鏡面仕上げされた表面を有する透光性物質（透明基板など）の不均一部分の有無を検査する方法であって、前記透光性物質の光路が光学的に均一の場合には、前記表面で全反射が起こるように透光性物質内に光を導入し、透光性物質内に導入され伝播する光の光路中に不均一部分が存在するときに、前記表面から光が漏出することから透光性物質の不均一性を検出する方法を見出した。

【0005】この方法によれば、透光性物質の表面に傷、付着異物による汚れ等の不均一部分がなければ、透光性物質内に導入した光は表面で全反射して外部へは漏出しないが、不均一部分があると全反射条件が満足されず、透光性物質表面から光が漏れ出す。また、透光性物質表面の不均一性のみならず、内部の異物、不純物等の欠陥、あるいはガラスの懸濁等に特徴的な、透過率は同じで屈折率だけが違う欠陥の検出に関しても、異物や屈折率の違うところでは本来均一ならば通る光路（経路）を外れ、透光性物質外部へ漏れ出すことになるため検出可能になる。このように、物理的な臨界現象である幾何光学的な全反射を利用しているため、被検査対象である透光性物質の不均一部分と均一部分とにおける検査光に対する応答も臨界的であり、暗い均一部分の背景に漏出光として不均一部分が劇的なコントラストで現れる。

いる顕微鏡用の対物レンズは、例えば、倍率2倍、開口数0.055（株式会社ミツトヨ製）程度であるので、結像できる漏出光は、透明基板の表面に於ける法線とす角が $3.15^\circ$ 以下の一部のわずかな漏出光に限られてしまう。

【0007】このことは、欠陥検出において、検出手のCCD撮像素子などにより多くの露光蓄積時間を必要としたり、欠陥の程度をその微細な光の強度から少量に見積もったりしてしまうことになる。また、露光蓄積時間を長くすると、単純に検査時間が増えるだけでなく、透明基板自体のレイリー散乱光も検出手段に入射してしまうこととなり、透明基板の欠陥部分のコントラストを低下させることになる。

【0008】開口数が0.8以上である高開口数結像光学系を用いれば、透明基板の表面に於ける法線と $53.13^\circ$ 以上の角度をなす漏出光も結像可能である。ところが、このような高開口数の結像光学系は、視野が狭く、検査時間が膨大となってしまう（欠陥検査の迅速を図るために、一回の検査領域を $10\text{mm}\square$ （角）程度確保したい）。しかしながら、高開口数（0.4以上で、なおかつ広い視野（数 $10\text{mm}\square$ ）を持つ結像光学系の市販品は存在せず、特注品は収差補正の点などが製造が難しく、かつ非常に高価であって検査装置のコストが高くなってしまいうという問題があった。

【0009】本発明は、上記問題点を解決するためにされたものであり、低開口数である結像光学系を使用しても透光性物質の光学的な不均一性を高感度・高速度確実に検出でき、且つ低コストで実現できる透光性物質の不均一性検査方法及び検査装置を提供することを旨とする。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、鏡面仕上げされた表面を有する透光性物質の不均一性を検査する方法であって、前記透光性物質の光路が光学的に均一の場合には、前記表面で全反射を繰り返して透光性物質内に閉じ込められるようにレーザ光を導入し、前記表面から全反射することなく漏出した光を散乱させた後、低開口数の結像光学系を介して記散乱光を検出することで、透光性物質の不均一性を査するようにしたことを特徴とする。

【0011】透光性物質に表面の傷等の不均一部分があれば、透光性物質内に導入したレーザ光は表面で反射を繰り返して透光性物質内にレーザ光が閉じ込

特徴的な、透過率は同じで屈折率だけが違う欠陥の検出に関しても、異物や屈折率の違うところでは本来均一ならば通る光路（経路）を外れ、表面での全反射条件が満足されず、透光性物質外部へ漏れ出すことになるため検出可能になる。

【0012】透光性物質の傷からの漏出光は、四方八方に拡散された光ではなく、ある特定方向に向かう偏った強度分布の光（方向性の強い光）となる場合が多く、傷等の欠陥が微細になるほどその傾向が強い。従って、方向性の強い傷等の欠陥からの漏出光は、低開口数の結像光学系には入射されず検出されない欠陥が出てきてしまう。そこで、この発明では、透光性物質表面から全反射することなく漏出した光を、一旦散乱させ散乱光として検出するようにしているので、方向性を強く示す傷や微細欠陥による漏出光に対しても、低開口数（例えば、0.4以下）の結像光学系にて確実に結像できるようにしている。このため、高性能な透光性物質の不均一性検査を低コストにて行うことができる。

【0013】上記発明において、透光性物質の表面が互いに平行な平面を有し、導入したレーザー光がこれら平面で全反射を繰り返して透光性物質内に閉じ込められるようにすると、レーザー光が透光性物質内に行き渡るようになり、透光性物質の広範囲な領域の検査を、実際上同時に行うことができ、高速検査が可能となる。

【0014】前記漏出光の散乱には、例えば、透光性物質の少なくとも被検査領域の表面から漏出した光を全て散乱できるように、表面の外側に散乱体を設ける。散乱体としては、拡散板（すりガラスなど）、回折格子（例えば、超音波により形成される周期的な屈折率変化を有する媒体）、蛍光板または浮遊する微粒子などが挙げられる。

【0015】散乱光を検出した後に、前記散乱光を解析することで透光性物質の不均一性に関するデータを収集するのが好ましい。これにより、透光性物質の不均一性の形状・種類等を確認することができる。

【0016】また、本発明の透光性物質の不均一性検査装置は、鏡面仕上げされた表面を有する透光性物質の不均一性の検査を行う検査装置であって、前記透光性物質の光路が光学的に均一の場合には前記表面で全反射を繰り返して透光性物質内に閉じ込められるように透光性物質内にレーザー光を導入する照射手段と、前記透光性物質の表面から全反射することなく漏出した光を散乱させる漏出光散乱手段と、低開口数の結像光学系を介して前

でる。

【0018】上記検査装置において、漏出光散乱手段は、透光性物質の表面と結像光学系との間に配置され透光性物質の少なくとも被検査領域の表面からの漏出光が全て漏出光散乱手段に入射されるように設けるのが好ましい。このようにすると、透光性物質に存在する傷の不均一部分から漏出する、通常とらえにくい方向性有する漏出光も確実にとらえることができ、不均一性検査を高感度にて行うことができる。

10 【0019】漏出光散乱手段としては、例えば、漏出光を散乱する拡散板を用いる。透光性物質からの漏出光拡散板により拡散ないし散乱することにより、方向性強い漏出光も容易に結像光学系にも向かわせることができる。拡散板には、透明基板表面に拡散性の凹凸を有するすりガラスなどや、透明基板内に散乱粒子等が一様分散された状態のオパールガラスのようなものが挙げられる。

20 【0020】また、漏出光散乱手段は、超音波発生器と、超音波発生器より発生した超音波が伝播される媒質とを具備するものでもよい。超音波により媒質中には周期的な屈折率の変化が生じ、これが回折格子のように用い、透光性物質からの漏出光の一部が回折あるいは折を受けて散乱ないし偏向される。媒質としては、例えば、気体（透光性物質の周囲の空気など）又はガラス（透明ガラス板など）を用いる。この場合、超音波の発生を停止すると、透光性物質からの漏出光を、散乱せずに、直接に観測することもできる。

30 【0021】また、漏出光散乱手段として、蛍光板を用い、透光性物質からの漏出光を一旦蛍光板で受けて、光板から発した蛍光（散乱光）を結像光学系を介して出手段で検出する構成とする。照射手段には、蛍光板を励起可能な光を発生するレーザーを用いる。このレーザーには、蛍光板に用いられる蛍光物質の波長に好適な波長域、例えば、紫外域や紫外に近い可視域レーザー、具体的には、紫外線レーザー、アルゴンブルーレーザー、アルゴングリーンレーザーなどが好ましい。

40 【0022】漏出光散乱手段は、透光性物質の表面と像光学系との間に分散させた状態で存在する微粒子によって、漏出光は散乱体としての微粒子に照射されて散乱され、散乱光が検出手段で検出される。漏出光の散乱一様になされるように、微粒子の粒径は、ほぼ均一とるのがよく、また、微粒子の粒径は、0.03～10  $\mu\text{m}$ が好ましい。

【0024】また、本発明の透光性物質の不均一性検査装置は、鏡面仕上げされた表面を有する透光性物質の不均一性の検査を行う検査装置であって、前記透光性物質の光路が光学的に均一の場合には前記表面で全反射を繰り返して透光性物質内に閉じ込められるように透光性物質内にレーザー光を導入する照射手段と、前記透光性物質の表面から全反射することなく漏出した光を撮像手段に導くイメージガイドとを有し、このイメージガイドは、その入射端面側から出射端面側に向かって漸次縮径された光ファイバーが束ねられたものであって、入射端面側が前記透光性物質の表面に近接して設けられ、出射端面側が前記撮像手段に直接的に接続されていることを特徴とする。

【0025】この発明では、透光性物質表面からの漏出光を散乱させずに、漏出光（画像）をそのままテーパ状の光ファイバーを束ねたイメージガイドで撮像手段に導いて検出している。イメージガイドの入射端面を透光性物質の表面に近接させているので、漏出光の逃げが少なく、また、透光性物質表面（入射端面）側が広く撮像手段（出射端面）側が狭いテーパ状の光ファイバーを束ねたイメージガイドなので、一度に透光性物質表面の広範囲な検査を実施できる。

【0026】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。

【0027】（実施形態1）図1は本発明の透光性物質の不均一性検査装置の一実施形態を示す概略構成図である。図1において、1は被検査対象である光学ガラス等からなる矩形状の透明基板である。透明基板1は、図2に示すように、主表面（表面及び裏面）Hと端面（T面及び面取り部のC面からなる）とで区画され、いずれの面も鏡面研磨した後、洗浄処理されている。なお、例えば、レーザー光が導入される導入面となるC面が鏡面研磨されていない場合には、導入面となるC面（粗面）に透明基板1とほぼ同一の屈折率を有するマッティングオイル等を塗布し、マッティングオイルの自由表面等によって疑似鏡面を形成するようにしてもよい。透明基板1は、後述の基板1表面での全反射が阻害されず且つ漏出光の検査を容易とするために、3点支持など図示省略のホルダーによってできるだけ接触部分を少なくして水平に保持される。

【0028】この透明基板1に対して、不均一性を検査するためのレーザー光を透明基板のC面から導入するた

レーザー光が全反射を起こす範囲内で入射角度を変動させて入射できるように、入射角度変動手段をミラー3<sub>1</sub>、3<sub>2</sub>などに設けてもよい。レーザー2として、ヒム径0.7mm、ビームの広がり角1mrad、レーザーパワー0.5mW、波長543.5nmのHe-Neレーザーを使用した。

【0029】また、透明基板1の上方には、透明基板から漏出する光を検出するための検出手段としてのCCD（ないしCCDカメラ）4が設けられると共に、透明基板1からの漏出光をCCD4に結像する、低開口数（0.045）の結像レンズ（ないし結像レンズ系）が設けられている。なお、透明基板1から漏出した光を検出する検出手段としては、CCDに限らず、フォトマルチプライヤー等を用いてもよい。

【0030】透明基板1と結像レンズ5との間には、出光散乱手段として、この実施形態1では、すりガラス6が配置されている。すりガラス6は、透明基板1まで全反射せずに漏れ出した漏出光が全て入射されるように、透明基板1に近接させて基板1を覆うように設けられる。従って、透明基板1表面の傷等から方向性の強光が漏出し、透明基板1表面における法線とのなす角が、例えば60°〜70°の漏出光であっても、すりガラス6にとらえられ、すりガラス6で多くの方向に拡散し散乱され、結像レンズ5の方向にも散乱光が到達して検出されるように構成されている。

【0031】次に、図1の検査装置を用いて行った具体的な検査方法を述べる。検査対象として、152.4×152.4×6.35mmの大きさで、C面の幅が0.1mmのフォトマスク用ガラス基板（ガラスサブストレート）を検査した。このガラス基板のC面から、図2に示すように、ガラス基板内に入射してから最初に当たる表面Hへの入射角 $\theta_1$ が臨界角 $\theta_c$ よりも大きくなるようにレーザー光を入射した。ガラス基板の屈折率は1.4で、臨界角度 $\theta_c$ が約43°なので、入射角 $\theta_1$ を44.1°とした。

【0032】実施形態1では、一例として、砂番#80、基板サイズ250mm×250mm×3mmのすりガラスを使用した。また、すりガラスと被検査物である透明ガラス基板との距離は、小さいほど漏出光を確実にとらえることが可能であるという観点から、たとえば透明ガラス表面から0.5mmの距離に、すりガラスを配置した。漏出光散乱手段であるすりガラスは、すべての漏出光をとらえる必要があり、つまり、上述したよ

ほぼ閉じ込められたような状態となるが、ガラス基板の表面に研磨時の異物混入等による傷や、あるいはガラス基板の内部に気泡、脈理などがあると、全反射条件が満足されず、その部分から光が漏れ出る。この漏れ出た光が全て、すりガラスに入射され、その凹凸面により光が散乱される。したがって、ガラス基板からの漏出光が結像レンズとは異なる方向に向かう偏った光であっても、結像レンズ外へ逃げてしまうことなく、すりガラスによって散乱されるので、その散乱光の一部が結像レンズにも入射し、検出手段によって検出される。つまり、微細な傷等の欠陥から漏出する、いかなる方向性を有する光も、安価な低開口数の結像レンズで確実に検出することが可能になる。また、漏出光をすりガラスで散乱しているので、結像レンズに入射する光量は全体的としては減少するが、1秒程度の露光時間で、微細な傷等の欠陥から漏出する光を確実にとらえることができ、高感度で実用的な不均一性の検査装置を実現できる。

【0034】(実施形態2) 実施形態2においては、漏出光散乱手段として、超音波によって形成される回折格子を用いた例について説明する。すなわち、実施形態2においては、透明基板と結像レンズとの間に超音波を導く媒体を配置し、超音波を前記媒体へと導き、媒体に回折格子の機能を与えて透明基板からの漏出光を散乱させている。

【0035】実施形態2に係る不均一性の検査装置を図3に示し、実施形態1と異なる箇所について説明する。低開口数である結像レンズ5と透明基板1との間の空間に存在する空気を超音波の伝播媒体とし、この空気に対して超音波ビームBを導入するためにトランスデューサ7を配置する。トランスデューサ7は、これに接続された図示しないドライバ(高周波発振器)からの高周波電圧の入力により、超音波ビームBを出射する。超音波ビームBは、透明基板1上面の全域と接触している空気に対して導入される。

【0036】この超音波ビームBの導入によって、結像レンズ5と透明基板1との間の空間に存在する空気に、超音波の波長を周期とした屈折率変動が生じ、これが回折格子の作用をする。この超音波による回折格子に対して透明基板1からの漏出光が入射すると、回折を受けずに直進する0次光の他に、ブラッグ回折による1次回折光が生じ、漏出光の進行方向が変えられる。(あるいは、屈折率の変動部分で漏出光が屈折されて偏向される。)このように、透明基板1から出射された漏出光が

1のすりガラス6に代えて透明なガラス板を配置し、のガラス板に接触させてトランスデューサを設け、ガラス板に超音波を導入して回折格子を形成する。このようにすると、空気を媒体とした場合に比べ、減衰も少な超音波が広がることがないので、より効率良く漏出光散乱させることができる。

【0038】(実施形態3) 次に、漏出光散乱手段として、微粒子を適用した例を述べる。すなわち、透明基板と結像レンズとの間に、浮遊状態で微粒子を介在させ漏出光を散乱体としての微粒子によって散乱し、漏出光を散乱光として確実に低開口数である結像レンズに導き、CCDカメラに結像させるようにしている。

【0039】このとき、散乱体としての微粒子には、10 $\mu$ mの径のもので、粒径が揃っているものを使用するのがよい。具体的には、研磨剤、ラテックス粒子、ラス粒子、蛍光粒子などの微粒子を使用することができる。また、このとき、結像レンズと透明基板との間を粒子が一方方向に流れる微粒子流を形成する。このために、例えば、透明基板にマイナスの電荷を帯電させ、つ微粒子にもマイナスの電荷を帯電させると共に、透明基板の両側に設置した電極間に1V程度の電位差を与えて、一方の電極から他方の電極へと透明基板に沿って粒子が流れるようにする。

【0040】また、結像レンズと透明基板との間に、透過性をもつ中空の管などを設置し、その管などの中微粒子を、電場やガス流などを用いて、流動化させるようにしてもよい。ただし、いずれの方法においても、散乱状態の微粒子(ないし微粒子流)が透明基板の上方且つ透明基板上面を覆うような領域に存在するようになる。

【0041】以上、漏出光散乱手段を用いて透明基板の不均一性検査を行う方法及び装置について説明したが、上記実施形態1～3においては、透明基板の不均一部分の像を直接的に明瞭に確認できないものである。なわち、すりガラス、超音波による回折格子、微粒子の漏出光散乱手段の存在により、CCDカメラを通してみると、透明基板中の傷等の像がぼやけ、シャープな接像をみることができない。このため、透明基板の不均一部分の形状・種類・大きさ等の詳細データまで確認することができない。次に記載の実施形態4では、直接に不均一部分の像を確認できるとともに、それに関するデータを収集できる不均一部分の検査方法及び検査装置について説明する。

るように、実施形態1のすりガラス6と同様に、透明基板1に近接させ、かつ透明基板1の主表面を覆うように配置される。蛍光板8には、例えば、ガラス板に紫外線の照射により蛍光を発する酸化亜鉛などの物質をコーティングしたものを用い（あるいは、紫外線の照射により蛍光を発する、重金属を含む通常のガラス板を用いてもよい）、一方、検査光源となるレーザー2には、紫外線レーザーを用いる。なお、蛍光板の蛍光物質としては、可視光により蛍光を発生するものでも勿論よく、蛍光板に用いられる蛍光物質を励起して蛍光を発生できるレーザーを選択する。

【0043】透明基板1に紫外線域のレーザー光を入射させ、透明基板1の不均一部分から漏出する紫外域の光を蛍光板8で受ける。そして、蛍光板8が発する蛍光の散乱光を低開口数の結像レンズ5で集光し、CCD4にて蛍光波長の光を検出する。CCD4には画像処理装置9が接続されており、画像処理装置9は、検出した情報（光量、強度分布等）を解析して、透明基板1における不均一性の種類（表面部の傷やクラック、内部の懸理や気泡）や不均一部分の大きさ、位置等を出力することを可能とする。画像処理装置9の画像解析を行う解析部は、例えば、コンピュータに画像データ処理プログラムを格納させた画像処理システムであり、それを用いて検査を行うことにより、欠陥検出のみにとどまらず、上述したように欠陥解析をも行うことが可能となる。

【0044】検出される画像は、均一部分の暗い背景に傷等がある不均一部分が線状、点状などに輝いて見えるもので、得られた画像から傷等の不均一部分を明瞭に判別できた。この輝いてみえた箇所は、従来の通常照明下での光学顕微鏡によっては確認できなかったが、原子間力顕微鏡を用いて測定したところ、たとえば、幅が0.13  $\mu\text{m}$ で、深さが約0.13  $\mu\text{m}$ の傷であることが確認された。

【0045】（実施形態5）上記実施形態1～4では、透明基板から漏出した光を漏出光散乱手段で散乱し、散乱された光を検出していたが、この実施形態5では、漏出光を直接的に検出している。すなわち、図5に示すように、透明基板1とその漏出光を検出する撮像手段としてのCCD4との間には、イメージガイド10が設けられている。このイメージガイド10は、その入射端面部10aから出射端面部10bに向かって漸次縮径された光ファイバーが束ねられたものであって、全体として円形断面のテーパ形状となっている。イメージガイド10

で検出しているため、効率よくCCD4に結像でき、感度の検出が可能となる。更に、イメージガイド10の入射端面を透明基板1表面に近接させると共に、出射端面をCCD面に直接接続しているため、漏出光の逃げ漏れがなく、また、入射端面部10aが広く出射端面10bが狭いテーパ状のイメージガイド10なので、度に応じた検査領域11を検査することができる。なお、上記実施形態4のように、CCD4に画像処理装置9を接続して、透明基板の不均一性の形状・種類等を析させるようにしてもよい。また、イメージガイドの面は円形ではなく、矩形断面などでもよい。

【0047】上述した実施形態の検査方法を用いることによって、欠陥を持ったガラス基板を迅速・適切に判別することができ、ガラス基板の生産性を向上することができた。なお、欠陥を持ったガラス基板を再度精密に面研磨、洗浄処理を行うことによって、仕様の範囲に入るフォトマスク用ガラス基板とすることができる。

【0048】また、上記実施の形態では、鏡面仕上げられた表面を有する透光性物質として、ガラス製の透明板を挙げたが、ガラスに限らず、アクリル樹脂等の光プラスチック、水晶等の光学結晶など、検査光が通過する材質ならばどのようなものでもよい。

【0049】また、透光性物質の形状は、矩形、円形、円環状等の基板に限らず、ブロック形状や曲面を有するものでもよい。更に、透明基板としては、フォトマスク（位相シフトマスク）用基板、液晶用ガラス基板、記憶用ガラス基板（磁気ディスク、光ディスク等）等種基板の検査に適用可能である。

【0050】また、レーザーとしては、気体レーザーに限らず半導体レーザー等の可視領域のレーザーあるいは、透光性物質に対して吸収が少ないものであれば、外線領域のエキシマレーザーや、赤外線領域のND-YGレーザー、CO<sub>2</sub>レーザー等を検査用光源として使用することができる。

【0051】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば透光性物質表面から全反射することなく漏出した漏出光を、一旦散乱させ散乱光を低開口数の結像光学系にて実に結像させて検出し、又は漏出光をイメージガイド導いて検出するようにしているため、透光性物質の微細欠陥による方向性を強く示す漏出光に対しても、実に検出でき、高感度・高速度な透光性物質の不均一検査を低コストにて実現できる。



13

【図4】本発明に係る透光性物質の不均一性検査装置の他の実施形態を示す概略構成図である。

【図5】本発明に係る透光性物質の不均一性検査装置の他の実施形態を示すもので、漏出光検出系の概略構成を示す斜視図である。

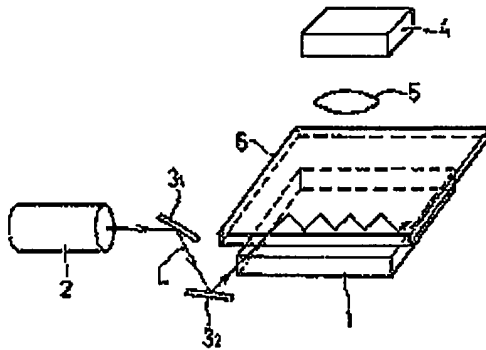
【符号の説明】

- 1 透明基板  
2 レーザー  
3<sub>1</sub>、3<sub>2</sub> ミラー  
4 CCD

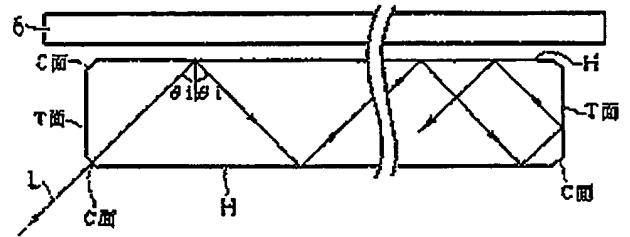
- \*5 結像レンズ  
6 すりガラス  
7 トランスデューサ  
8 蛍光板  
9 画像処理装置  
10 イメージガイド  
11 検査領域  
L レーザー光  
B 超音波ビーム

\*10

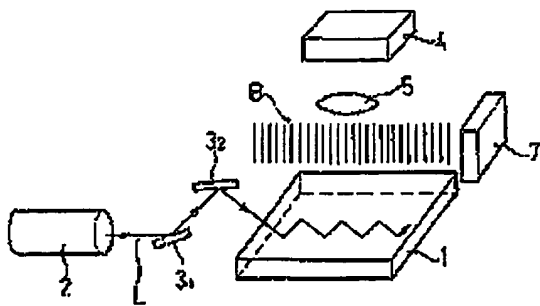
【図1】



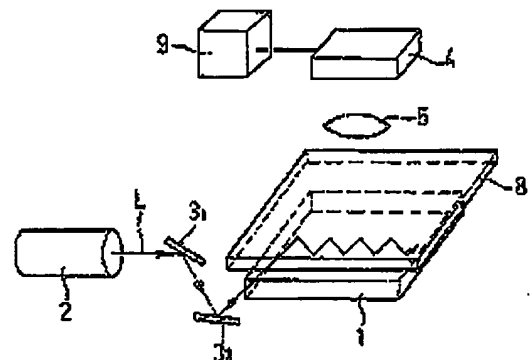
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

